

SZEMLE

Tápanyaggazdálkodásunk az ezredfordulón

Tápanyaggazdálkodásunk megítélése 1990–1995 között

A tápelemmérlegek alapelve és számításuk módszere

A mérleg felállításához elvileg minden olyan tényezőt számba kell venni, amely a talaj tápelemkészletét növelheti vagy csökkentheti. Bevétel forrásai lehetnek a felhasznált műtrágyák, különböző szerves trágyák (istállótrágya, komposztok, hígtrágyák stb.), az öntözővíz tápelemtartalma, szabadon élő baktériumok és a pillangós növények által megkötött nitrogén mennyisége, az atmoszférából talajba jutó tápanyagok, a vetőmag tápelemkészlete, valamint a talajból mineralizációval feltáródó tápelemek.

A csökkenés, a tápelemvesztés, ill. a kiadás tételei között említhető a növényi felvétel, a kimosódás, az erózió, denitrifikáció és egyéb légköri elillanással távozott, valamint a talajokban végbemenő lekötődés (fixáció) útján előállott veszteségek. Figyelembe véve az irodalmi adatokat és a nemzetközi tapasztalatokat feltettük, hogy a kiadás tételei között a kimosódás, erózió és a légköri elillanás, valamint a bevételi oldalon a vetőmaggal, öntözővízzel, szabadon élő N-kötő baktériumokkal és az atmoszférából talajba jutó tápanyagok mennyiségei közelítően azonosak, ill. kiegyenlíthetik egymást. Számszerű becsléseikhez amúgy sem rendelkezünk elegendő adattal és az összes tápanyagforgalomnak e tételek csak kisebb, gyakran elhanyagolható részét képviselik. Így a tápelemmérleg a fő bevételi és kiadási forrásokra egyszerűsödik le. Hibaforrásait ugyan csak becsülni tudjuk, de hosszabb időszakot azonos módszerrel vizsgálva a változások, trendvonalak jól nyomon követhetők.

A talajba került tápelemek megkötődésével (fixáció) nem indokolt számolni a mérlegben, hiszen a „megkötött” tápanyag a talajban marad, növelve annak nemcsak összes, hanem felvehető frakcióit is. Pozitív mérleg esetén a talajtápanyagok gyarapodását a kémiai vizsgálatok tükrözik. Hasonlóképpen nem indokolt számolni a tápelem-feltáródással (mineralizáció) a bevételi oldalon. Negatív mérleg esetén a hiányt a talaj eredeti tőkéje pótolja. A megkötődés vagy a feltáródás mértékét éppen a mérleg egyenlegei hivatottak bemutatni. A mérlegek felállításának egyik célja a hiány vagy a többlet, azaz a rabló- vagy talajgazdagító tápanyaggazdálkodás mértékének megítélése.

Számításainkban KSH adatok alapján becsültük a hasznosított területen országosan felvett elemek mennyiségeit. A terméshozamokat megszoroztuk a növényfajok fajlagos NPK-tartalmával, az 1 t főtermés és a hozzá tartozó melléktermés átlagos összetételével, hogy a felvett mennyiséghez jussunk. A fajlagos összetétel adatai, valamint a részletes számítások menete megegyezett a korábbi tápelemforgalmi vizsgálatainkban alkalmazott módszerrel (KÁDÁR, 1979, 1987, 1992) és így az eredmények összevethetők, az ország talajainak elemforgalma a századelőtől az ezredfordulóig áttekinthető, egy évszázadot ívelhet át. Megemlítjük, hogy többé-kevésbé hasonló mód-

1. táblázat
Különféle növényekkel felvett tápelemek mennyisége 1986-1990. és 1991-1995. években

Növény megnevezése	Főtermés 1000 t-ban		Fajlagos, kg/t főtermésre			Felvett 1000 t, 1986-1990.			Felvett 1000 t, 1991-1995.		
	1986-1990.	1991-1995.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Búza	6261	4391	30	12	21	188	75	131	132	53	92
Rozs	222	166	27	13	26	6	3	6	5	2	4
Árpa	1108	1477	26	11	23	29	12	25	38	16	34
Zab	135	130	28	12	27	4	2	4	4	2	4
Kukorica	6449	5121	27	10	28	174	64	181	138	51	143
Cukorrépa	4515	3708	4	2	6	18	9	27	15	7	22
Napraforgó	753	741	40	20	70	30	15	53	30	15	52
Burgonya	1259	1117	5	2	9	6	3	11	6	2	10
Silókukorica	6209	4172	3	1	4	19	6	25	13	1	17
Lucernaszéna	1619	1276	27	7	15	44	11	24	34	9	19
Összesen	28530	22299	-	-	-	518	200	487	415	158	397

Megjegyzés: A 10 legfontosabb kultúra mind a hasznosított, mind az összes felvett tápelemből 80-85 %-ban részesedik

szertani alapelvekből kiindulva készített NPK-mérleget Györffy 1965, Debreczeni 1977, Sarkadi 1979 és Csathó 1994 években. Ezekből a mérlegekből levont tanulmányok jól illeszkedtek az általunk korábban levont tapasztalatokkal.

A tápanyagforrások becslésénél azzal számoltunk, hogy a kukorica és a napraforgó melléktermése teljes mértékben, míg a búza esetén a vetésterület 1/3-án a talajon marad és leszántásra kerül. A melléktermésben található a föld feletti növény N- és P-készletének 20 %-a, valamint K-készletének mintegy 70 %-a. Feltettük továbbá, hogy a pillangós lucerna és a herefélék föld feletti testébe épült nitrogén fele a levegőből származott. Az említett tápanyag-mennyiségeket a visszapótlás rovatban is feltüntettük. Ismeretes, hogy a szabadon élő N-kötők és a pillangósok csak akkor fedezik N-igényüket közvetlenül a levegőből, ha a talaj ásványi-N-készlete alacsony. Amennyiben a forgóban N-túltrágyázás áll fenn, a pillangósok nem kötik meg a levegő nitrogénjét, sőt mélyen lehatoló gyökereikkel a talaj ásványi-N-tartalmát hasznosítják.

A tápelemforgalom és tápelem-ellátottság alakulása

A feltüntetett 10 legfontosabb szántóföldi kultúra mind a hasznosított területből, mind az országosan felvett tápelemekből 80–85 %-ban részesedik, ezért a vizsgált 1986–1990. és 1991–1995. években felvett NPK mennyiségét az 1. táblázatban az említett növények példáján szemléltetjük.

2. táblázat

Magyarország talajainak NPK-mérlege az 1986–1990. és 1991–1995. években
(Mezőgazdaságilag hasznosított terület)

Mérleg tégei	1986-1990. években			1991-1995. években		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	<i>1000 t-ban</i>					
Termésekkel felvett	622	240	584	498	190	476
Visszapótlott:						
Műtrágyával	559	280	347	172	25	26
Mellékterméssel	50	21	160	45	19	140
Istállótrágyával	80	80	160	70	70	140
Pillangósokkal	30	-	-	30	-	-
Összes pótlás	719	381	667	317	114	306
Egyenleg	+97	+141	+83	-181	-76	-170
Egyenleg %-a*	116	159	114	64	60	64
	<i>kg/ha-ban</i>					
Termésekkel felvett	104	40	97	83	32	79
Visszapótlott:						
Műtrágyával	93	47	58	29	4	4
Mellékterméssel	8	4	27	8	3	23
Istállótrágyával	13	13	27	12	12	23
Pillangósokkal	5	-	-	5	-	-
Összes pótlás	120	64	111	53	19	51
Egyenleg	+16	+24	+14	-30	-13	-28

* Összes pótlás a terméssel felvett %-ában

Hazánk talajainak becsült NPK-mérlegét az 1986–1990. és 1991–1995. évekre a mezőgazdaságilag hasznosított kereken 6 millió hektárra vetítve a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. Az adatokból látható, hogy átalakult a visszapótlás szerkezete, a műtrágyázás szerepe töredékére csökkent az 1991–1995. években. Erre vezethető vissza, hogy a '80-as évek mérlegeinek pozitívumait a '90-es években negatívumok váltják fel. Az országos hiány 28-30 kg/ha a N és K_2O , valamint 13 kg/ha évente a P_2O_5 mennyiségeit tekintve. Az összes hatóanyag hiánya 71 kg/ha/év, annyi, mint az összes hatóanyag-többlet volt az azt megelőző 1986-1990. években. A '80-as években közel 1/3-ával több hatóanyagot használtunk, mint amennyit a terméssel elvittünk, míg a '90-es években 1/3-ával kevesebbet.

Korábbi tanulmányaink adatait felhasználva a 3. táblázatban áttekintést nyújtunk földművelésünk NPK-mérlegeinek egyenlegeiről a századelő óta. Közismert, hogy a század első felében műtrágyázás gyakorlatilag nem folyt és terméseink stagnáltak, így pl. a kalászos gabonák hozama 1-2 t/ha között ingadozott.

A '60-as évekkel kezdődően a műtrágyázás szerepe egyre inkább meghatározóvá válik a tápelemhiány megszüntetésében és ezzel együtt a termésszintek növelésében. A foszfor hiánya az országos mérlegben megszűnik a '60-as, a nitrogén és kálium hi-

3. táblázat
Az NPK-mérlegek egyenlegei földművelésünkben a századforduló óta
(Mezőgazdaságilag hasznosított terület, kg/ha/év)

Időszak	N	P_2O_5	K_2O	Összesen	%
<i>Terméssel felvett</i>					
1900–1950.	40	15	38	93	100
1961–1965.	47	18	48	113	122
1971–1975.	72	27	69	168	181
1986–1990.	104	40	97	225	242
1991–1995.	83	32	79	194	209
<i>Pótolt műtrágyával</i>					
1900–1950.	0	1	0	1	100
1961–1965.	24	17	9	50	5000
1971–1975.	80	54	67	201	20100
1986–1990.	93	47	58	202	20200
1991–1995.	29	4	4	37	3700
<i>Összes visszapótlás</i>					
1900–1950.	7	7	16	30	100
1961–1965.	30	24	27	81	273
1971–1975.	95	66	109	270	900
1986–1990.	120	64	111	295	983
1991–1995.	53	19	51	123	410
<i>Egyenleg</i>					
1900–1950.	-33	-7	-22	-62	33*
1961–1965.	-17	+6	-21	-32	79*
1971–1975.	+23	+39	+40	+102	161*
1986–1990.	+32	+24	+14	+70	136*
1991–1995.	-30	-13	-28	-71	63*

* Egyenleg %-a (összes visszapótlás a terméssel felvett %-ában)

ánya pedig a '70-es évek elején. A rablógazdálkodást felváltja a talajgazdagító trágyázás, a hazai talajok tápanyag-ellátottsága javul. Magyarország hasznosított területre vetített hatóanyag-felhasználása a '80-as években a 8. helyet foglalja el az európai rangsorban, megelőzve olyan fejlett államokat, mint Franciaország, Anglia stb.

Az 1991–1995. években a termésekkel eltávozó NPK mintegy 60 %-át juttatjuk vissza a talajba, újra megjelent a rablógazdálkodás mindhárom elemnél. Ez az állapot a 30–40 évvel korábbi helyzetnek felel meg. Becsléseink szerint talajaink N- és K-mérlegének pozitívuma 20 éven át (1970–1990. között), míg a P-mérleg pozitívuma 30 éven át (1960–1990 között) állhatott fenn. Ezen időszakban országosan 800–1000 kg/ha N-, P₂O₅-, ill. K₂O-akkumuláció jelentkezhetett talajainkban. A N-többlet részben hozzájárulhatott a mélyebb talajrétegek és a talajvíz szennyezéséhez (NÉMETH, 1995; SZABÓ, 1996), míg a foszfor és kálium a talajok ellátottságának tartós növeléséhez, azaz a jól ellátott területek részarányának emelkedéséhez és a gyengén ellátottak visszaszorulásához.

A 4. táblázatban számszerűen is megkíséreljük megítélni hazánk talajainak tápelem-ellátottságát az országos felmérések, talajvizsgálati eredmények, szabadföldi kísérletek és egyéb vizsgálatok alapján. Amint a táblázatban látható, a nitrogénnel gyengén ellátott területek aránya folyamatosan csökkent a '80-as évek végéig, ill. ezzel párhuzamosan nőtt a jól ellátott talajok %-a. A jelenlegi állapot becsléseink szerint a

4. táblázat

Magyarország talajainak becsült tápelem-ellátottsága a századelő óta
(Művelt terület %-a)

Időszak	Gyenge	Közepes	Jó, magas	Megjegyzés
<i>N-ellátottság</i>				
1900–1950.	64	29	7	STEFANOVITS & SARKADI, 1963
1960–1970.	40	40	20	KÁDÁR, 1992
1970–1980.	26	44	30	KOVÁCS, 1984
1980–1990.	20	30	50	BARANYAI et al., 1987, BUZÁSNÉ et al., 1988
1990–1995.	40	40	20	Saját becslés
<i>P-ellátottság</i>				
1900–1950.	43	57	0	STEFANOVITS & SARKADI, 1963
1960–1970.	40	40	20	KÁDÁR, 1992
1970–1980.	20	30	50	KOVÁCS, 1984
1980–1990.	10	20	70	BARANYAI et al., 1987, BUZÁSNÉ et al., 1988
1990–1995.	20	30	50	Saját becslés
<i>K-ellátottság</i>				
1900–1950.	18	32	50	STEFANOVITS & SARKADI, 1963
1960–1970.	25	35	40	KÁDÁR, 1992
1970–1980.	20	35	45	Saját becslés
1980–1990.	15	25	60	BARANYAI et al., 1987, BUZÁSNÉ et al., 1988
1990–1995.	20	35	45	Saját becslés

Megjegyzés: A becslés alapja a trágyaigényes növények trágyareakciója. Így pl. a P-ellátottságot az igényesebb kalászosok, míg a K-ellátottságot a kapások várható trágyareakciója alapján ítéltük meg.

'60-as éveknek felelhet meg a N-ellátásban, hiszen a talaj nem képes a nitrogént tartósan tárolni. A P- és K-ellátottság ezzel szemben lassan változik, a korábban felhalmozott tápanyagtőke még hosszú évekig biztosíthatja a megfelelő termések elérését, legalábbis a korábban jól ellátott területeken.

Összességében arra a következtetésre juthatunk a korábbi évek, ill. évtizedek tapasztalatai, valamint a szabadföldi kísérletek eredményei alapján, hogy a P- és K-ellátottság átlagosan és országosan mintegy 10-10, míg a N-ellátottság kb. 20 %-kal romlott kategóriánként. Az 1991-1995. évek országos mérlegeiben megfigyelt 28-30 kg/ha körüli N és K, valamint 13 kg/ha P_2O_5 évenkénti hiány abszolút mértékben nem tűnik nagyknak. Sajnos azonban éppen a korábban is mérsékelt trágyázást folytató, gyengébben ellátott területeken szüneteltetik a műtrágyázást, így a termés csökkenés drasztikusná válhat. Az országos mérlegek nem helyettesíthetik a regionális, üzemi vagy tábla szintű elemzéseket.

A mikroelemek forgalmának vizsgálatában a mérlegelv kevésbé célravezető, hiszen általában nem a talajbani abszolút készlet a meghatározó, hanem a felvehetőség. A '70-es évek közepén a FAO által koordinált és kiterjedt vizsgálatok indultak 30 ország részvételével a talajok és növények mikroelem-ellátottságának megítélésére. Hazánk 250 művelt termőhelyéből minden ötödik alacsony ellátottságot mutatott a „világ-átlag”-hoz viszonyítva Fe, Mn, Co, Se, ill. minden harmadik termőhely Zn és Cu elemekben. Ugyanakkor a termőhelyek kerekén 10 %-a Co és B, 20 %-a Pb, 40 %-a Cd, 70 %-a Mo túlsúlyt jelzett. Az ólom és kadmium emelkedett koncentrációja európai mezőnyben azonban mérsékeltnek minősül. Művelt talajaink általában nem szennyezettek, alkalmasak a jó minőségű és tiszta élelem előállítására (SILLANPÄÄ, 1982, 1992; KÁDÁR, 1995).

Az istállótrágya, ill. melléktermékek szerepe a tápelemforgalomban

Az istállótrágya-felhasználás és -termelés az állatállománytól függően 20-25 millió t/év között ingadozott az 1900-1970 közötti időszakban. Az 1970-es évektől kezdődően a szerves trágyázás visszaszorul részben a könnyebben kezelhető műtrágyák nagyobb elterjedése és olcsósága, részben az újabb (alom nélküli) állattartási technológiák bevezetése miatt. Az istállótrágya felhasználása 1970-1990 között 13-15, míg a '90-es években az állatállomány visszaesése miatt már 1/3-ára, mintegy 8 millió t/év mennyiségre zuhant vissza.

Mindez azonban azt is jelenti, hogy a megtermelt melléktermék egyre nagyobb hányada marad a táblán. Kombájn betakarításnál a kalászosok, kukorica, napraforgó, repce stb. által felvett foszfor 1/3-a, a kálium 2/3-a visszakerülhet a talajba. A N-készlettel nem számolunk, hiszen a tág C/N arányú melléktermékek mikrobiális bomlása inkább N-igényes folyamat. Az állattartás visszaszorulása mérsékli a növénytermesztés tápelemhiányát, mert nem lépnek fel veszteségek a melléktermék szállítás, almozása, az emésztés, a trágya bomlása, kiszórása során. Az állattartás és az istállózás csak a trágyázott szántóra volt előnyös a korábbi időkben, amennyiben a réti széna és a legelő trágyába került tápanyagai a szántóra jutottak. A mezőgazdasági terület egészét tekintve (nem beszélve rétről és legelőről) az állattartás negatív tápelemmérleget indukált.

Amennyiben a szántott területeket vizsgáljuk, megállapítható, hogy talajaink szervesanyag-gazdálkodása nem romlott, hanem lényegesen javult az intenzív műtrágyázásra való áttéréssel. Megháromszorozódott a gyökér- és tarlómaradványok mennyi-

sége a növekvő termésekkel. A melléktermékeket nem tüzeljük el, mint a század első felében a fátlan Alföldön és az ország számos más vidékén, így a talajba kerülnek. A legnagyobb tömegű szervesanyag-forrást a leszántott melléktermékek és a gyökér+tarló maradványok jelentették 5-10 t/ha/év mennyiségben. Az istállótrágya, hígtrágyák, komposztok, szennyvíziszapok tömege együttesen sem érhetette el ezt a mennyiséget száraz anyagra vetítve. A szántott, ill. művelt területeink teljes szervesanyag-forgalmát 8-15 t/ha/év mutatóval jellemezhetnénk az elmúlt '70-es, '80-as években.

Az istállótrágya és a növényi maradványok a talajtermékenység megőrzésének fontos tényezői. Jelentőségük nem csökkent az intenzív gazdálkodásban és szerepük alapvető maradt a talaj humusztartalmának fenntartásában, ill. pótlásában. A század első felében szinte egyedüli tápelemforrássul is szolgáltak. A '70-es, '80-as években talajaink összes N- és P-forgalmának 1/3-át, a K-forgalom közel felét az évente talajba jutó és lebomló szerves anyaggal találjuk. Egyes becslések szerint a '80-as évek második felében a hígtrágyákkal évente 1-2, tarló- és gyökérmaradványokkal 15-20, istállótrágyával 20-30, melléktermékekkel 30-40, azaz összesen 70-80 kg/ha K_2O jutott művelt talajainkba (FEKETE, 1992).

A '90-es években a P- és K-műtrágyázás gyakorlatilag szünetel, így a foszfor több mint 80, a kálium 90-95, míg a nitrogén 40-50 %-át ismét a szervesanyag-források adják. A szerves anyagok elsősorban a talaj fizikai állapotának, szerkezetének fenntartásában, ezen keresztül a víz- és levegőgazdálkodás, erózió- és aszálytalanság szembeni ellenállás, ill. környezetvédelmi szempontból az adszorpciós kapacitás megőrzésében fontosak.

Tápanyagellátás, trágyázás és az aszály

A '90-es években nőtt az aszály gyakorisága, a trágyák érvényesülését a víz hiánya egyre inkább korlátozhatja. Szabadföldi kísérletek tanulságai szerint kedvező években a trágyázatlan talaj (kontroll) termése nagy és a trágyahatások is maximálisak lehetnek abszolút értékben. Mérsékelt száraz években a termés és az abszolút trágyahatás (terméstöbblet) is mérsékelt, de %-osan kifejezettebb a kontrollhoz képest. Ilyenkor a megfelelő trágyázás bizonyos mértékben ellensúlyozhatja a vízhiányt, javítja a vízhasznosulást, lerövidülnek a talajban a diffúziós utak a növényi gyökerek tápelemfelvétele során. Összességében csökken a termésingadozás. A '70-es, '80-as években a talajfeltöltés, műtrágyázás ilyen pozitív hatása érvényesült túlnyomóan.

Aszály idején ez a mechanizmus nem működik, ellenkezőleg, a tápanyagbőség károsra válik és a sülevényességet fokozza – terméseszköket okozva. Így pl. az aszályos 1990-es évben Mezőföldön a kukorica szemtermése felére zuhant az intenzíven műtrágyázott parcellákon. Szabadföldi tartamkísérletünkben a maximális 2,5 t/ha terméseket a 23 éve semmiféle trágyázásban nem részesült talajon kaptuk.

BOCZ (1995) hasonló tapasztalatokról számol be a kukorica szemtermésére kedvező, száraz és aszályos évben tisztántúli jó vízgazdálkodású meszes csernozjom talajon. A szerző megállapítja, hogy a Tiszántúli kedvező vízellátottsága folyamatosan biztosította a műtrágyák érvényesülését a '70-es és '80-as években. Főként ennek köszönhető, hogy a '80-as évek 6 t/ha országos átlagaival szemben a löszháton 10 t/ha körüli kukoricaterméseket kaptak. Öntözéssel a hozamok 12-14 t/ha-ra emelkedtek, mintegy 30 %-kal javultak. A kutatások alapján prognosztizálni lehetett azonban, hogy a szárazság fokozódásával a műtrágya hasznosulása a búzánál lecsökken, kuko-

ricánál pedig „átcsap terméscsökkenítő tényezővé”. Az aszály elleni küzdelem hatékony és olcsó eszköze a műtrágya volt. Az adott vidéken erről le kell mondanunk. A sujtóaszály 280 mm körüli vízellátottsági hiánynál léphet fel, romboló hatását csak öntözéssel tudjuk kivédeni.

Tápanyagellátás, trágyázás és a betegség-ellenállóság

A betegségek fellépésének gyakorisága döntően az időjárás (évhatás) függvénye, de a konkrét ok-okozati összefüggések a gyakorlatban nehezen deríthetők fel. Ismeretes, hogy a tápláltsági állapot az élő szervezetek (növény, állat, ember) anyagcseréjén, élettani funkcióin keresztül lényegesen befolyásolja a rezisztenciát.

5. táblázat

Tápláltság hatása a betegség-ellenállóságra (Meszes csernozjom talaj, Mezőföld)
(Fertőzöttség az összes növény %-ában) (KÁDÁR, 1992)

	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
<i>Lisztharmat (búza, 1975)</i>						
N ₀	30	28	14	26		24
N ₁	52	42	46	46	10	46
N ₂	62	52	58	46		54
N ₃	62	62	52	50		56
Átlag	52	46	42	42	5	46
<i>Golyvás üszög (kukorica, 1976)</i>						
N ₀	10	8	8	8		8
N ₁	16	8	8	8	2	10
N ₂	20	14	12	11		14
N ₃	18	16	14	12		15
Átlag	16	11	10	10	1	12
<i>Fuzáriumos szártörés (kukorica, 1976)</i>						
K ₀	25	90	90	98		75
K ₁	5	40	50	55	10	38
K ₂	0	35	35	38		28
K ₃	2	28	30	30		22
Átlag	8	50	50	55	5	40
<i>Alternáriás levélfoltosság (burgonya, 1978)</i>						
K ₀	50	84	80	90		76
K ₁	30	50	56	60	20	48
K ₂	24	30	40	36		32
K ₃	20	20	36	36		28
Átlag	30	46	52	56	10	43
<i>Macrophomina phaseolina (szója, 1988)</i>						
N ₀	70	62	67	60		65
N ₁	32	34	27	25	16	29
N ₂	15	11	13	12		13
N ₃	15	12	4	5		9
Átlag	33	30	28	25	8	29

Az SzD_{5%} értékek a sorokra és oszlopokra azonosak

Többéves vizsgálatok alapján – üvegházban mesterséges fertőzést alkalmazva – megállapítottuk, hogy mind az alul-, mind a túltáplálás során nemcsak a növényi szárazanyaghozam csökken, hanem pl. a lisztharmat előfordulása is. A legtöbb telep azokon az egyedeken képződött, ahol a legnagyobb zöldtömeg és legtöbb levél fejlődött. Az árpalisztharmatra megállapított összefüggések igaznak bizonyultak az uborka-lisztharmatra is.

Szabadföldi kísérletekben ilyen egyértelmű összefüggést nem lehetett azonban bizonyítani. Az MTA TAKI nagyhorcsói kísérleti telepén, meszes csernozjom talajon 1974 óta kísérjük figyelemmel a tápelem-ellátottság, termés, minőség, gyomosodás, betegség-ellenállóság összefüggéseit.

A domináns NxP, KxP kölcsönhatásokat az 5. táblázat foglalja össze. A kétirányú táblázatokból látható, hogy az egyik elem túlsúlya által kiváltott rezisztencia csökkenését más elem ellensúlyozhatja, az okszerű trágyázás tehát mérsékelheti a betegségek fellépését. Így pl. a nitrogén növelte a lisztharmat és golyvás üszög, valamint mérsékelte a *macrophomina* fertőzést. A foszfor viszont csökkentette a lisztharmat, de kiváltotta a fuzáriumos szártörés és az alternáriás levélfoltosság megjelenését. A kálium általában előnyösnek mutatkozott, különösen a fuzáriumos szártörés és az alternáriás levélfoltosság ellensúlyozásában. Ami az évhatásokat illeti, megfigyeléseink is alátámasztják azon véleményeket (GYÓRFFY, 1975), melyek szerint nemcsak a túl száraz, hanem a túl nedves évek is alacsony búzaterméseket eredményezhetnek. Utóbbi a kalászosok gombabetegségének erőteljesebb megjelenésével magyarázható.

Az állati kártevők, mint a mezei pocok, máktokbarkó, repcefénybogár, vetésfehértő (az érintett lucerna, mák, repce, sörárpa kultúrában) megjelenése különösen az erősen műtrágyázott, túltáplált állományban volt számottevő. Úgy tűnik, az állati kártevők mintegy „kiselejtezik” a túltáplált egyedeket.

Tápanyagellátás, trágyázás és a gyomosodás

A gyomok kártételét gyakran olyan mérvűnek tekintik, mint a növényi betegségek és az állati kártevők által okozott termésveszteség együttesen.

Az okszerű táplálás, ill. trágyázás a kultúrnövény fejlődését, konkurencia- és gyomelnyomó képességét növelheti. 1990-ben a sörárpa jól hasznosította a N- és P-ellátottság javulását, nőtt a árpa borítottsága és termése. Ennek eredményeképpen 1/6-ára csökkent a gyomfajok száma június közepén (6. táblázat). A sörárpával ellentétben az olajlen 1987-ben már fiatal korban is érzékenyen reagált a nitrogén és foszfor együttes túlsúlyára, így pl. a június elején mért növénymagasság és borítottság felére csökkent a maximális NP-kezelésekben. Ezzel együtt mintegy megháromszorozódott a gyomborítottság. Különösen teret nyert a fehér libatop, mely hasznosítani képes a talaj tápanyagtökéjét. A kontrollhoz képest a túltrágyázott talajon közel 20-szorosára nőtt a gyomok tömege és N-felvétele, 30-szorosára pedig a P- és K-felvétel. Abszolút értékben a N elérte a 34, a P_2O_5 a 10, a K_2O mennyisége pedig a 60 kg/ha-t. A gyomok fajgazdagsága lehetővé teszi, hogy hasznosítsák mind a tápanyagszegény, mind a túlzottan ellátott területeket. A gyomosodást növelő tényező lehet tehát a szakszerűtlen trágyázás, amennyiben a kultúrnövényrel való borítottság csökkenését eredményezi. A széles gyomspektrumból ugyanis olyan fajok indulnak erőteljesebb fejlődésnek, amelyek leginkább hasznosítani képesek az extrém tápláltsági szituációt.

6. táblázat
Tápláltság hatása a sörárpa gyomosodására
(Mészlepedékes csernozjom talaj, Mezőföld) (KÁDÁR, 1990; RADICS, 1989)

N-szintek	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
<i>Gyomfajok száma, db/parcella (1986. jún. 19-én)</i>						
N ₀	6,0	4,9	5,1	5,1	1,4	5,3
N ₁	6,2	3,4	2,6	2,5		3,7
N ₂	5,6	2,8	1,1	0,9		2,6
N ₃	5,0	1,6	1,1	0,8		2,2
Átlag	5,7	3,2	2,5	2,3	0,7	3,4
<i>Sörárpa borítottsági % (1986. jún. 19-én)</i>						
N ₀	53	58	56	53	7	55
N ₁	61	80	81	77		75
N ₂	68	83	92	94		84
N ₃	64	90	97	95		87
Átlag	62	78	82	80	4	75
<i>Szemtermés, t/ha (1986. júl. 23-án)</i>						
N ₀	2,8	3,4	3,5	3,5	0,4	3,3
N ₁	3,3	4,7	5,1	5,3		4,6
N ₂	2,9	4,7	5,0	5,1		4,4
N ₃	2,7	4,6	4,8	4,8		4,2
Átlag	2,9	4,3	4,6	4,7	0,2	4,1

A jó szaktanácsadás, ill. szakszerű trágyázás erőteljes kultúrnövény-borítottságot és minimális gyomosodást eredményez.

Tápanyagellátás, trágyázás és a minőség

Minden olyan esetben, amikor a fehérjehozam növelése a cél, a trágyázás akkor is előnyös lehet, amikor a termés nem, vagy gazdaságosan már nem növelhető. Közismert, hogy a bőséges N- és NP-trágyázással javul a búza sütőipari minősége, nedves-sikér- és fehérjetartalma, farinográf értékszáma (RAGASITS, 1993). Mivel a N-, ill. NP-táplálással a fehérjeszintézist és a N-tartalmú anyagok képződését segítjük, javul a N-tartalmú alkaloidákat hordozó drogok és gyógynövények minősége is, azaz a termék értékesebbé válik. Az említett növényeknél N-bőség kívánatos a megfelelő minőség eléréséhez az egész tenyészidő folyamán.

Amennyiben a szénhidrát (cukor, keményítő, olaj, illóolaj) jelenti a minőséget, a N és a NP bősége határozottan minőségrontó tényezőnek minősül a cukorrépa, sörárpa, repce, napraforgó, olajlen, burgonya, szőlő, gyümölcs és számos zöldségféle esetén. Romolhat a termék íze, zamata, minősége és eltarthatósága, a zöldségek és gyümölcsök cukor-, vitamin-, rost- és ásványianyag-tartalma. A képződő szénhidrátok túlnyomó része a fehérjékbe és a klorofillba épül be, a sejtfalak elvékonyodnak, nőhet a sejtek víz- és a sejtnedv NO₃-N-tartalma. A gyökerek növekedése visszaszorul, gyengül az aszálytal, faggyal és betegségekkel szembeni ellenállás. A N-bőség ezeknél a kultúráknál csak a tenyészidő első felében kívánatos, mert a megfelelő minőséget a mérsékelt N-hiány biztosítja.

A foszfor jelenléte a nitrogén felvételét és beépülését segíti elő. Hiányában relatív N-bőség lép fel, mert a fehérjeszintézis gátolt és felszaporodnak a nemfehérje N-frakciók. A P-túltrágyázás negatív hatása rossz oldhatósága, ill. talajbani megkötődése miatt ritkán jelentkezik. Közvetetten azonban mikroelem-hiányokat indukálhat, szabadföldön főként a P-Zn antagonizmus okozott gondot kukoricánál meszes, foszforral igen jól ellátott területeken. Hasonlóképpen a K-túlsúly káros hatása sem gyakori. A kationantagonizmus azonban a magnézium hiányát válthatja ki a magnéziummal gyengén ellátott talajon egyoldalú és extrém K-túltrágyázás nyomán. A K-ellátás javulása általában előnyösen tükröződik a minőség, fagy- és szárazságtűrés, betegség-ellenállóság mutatóin.

A N-, ill. NP-túlsúly nem kívánatos következményeit a megfelelő K-trágyázás részben ellensúlyozhatja. Különösen előnyös és fontos a meszes, sülevényes, K-szegény Duna-Tisza-közi homokok rendszeres K-trágyázása, ahol enélkül gazdaságos termesztés nem is folytatható. A trágyák hatása szinte azonnal tükröződik a legelők fűösszetételén, minőségén. A talaj-növény-állat kapcsolat közvetlen és érzékeny, a legelő fűvének minőségét állandóan ellenőrizni szükséges a belterjes (öntözött és trágyázott) legelőgazdálkodásban. Nemcsak a N-túlsúly okozhat gondot, a K-túlsúly által kiváltott Mg-hiány is fűtetániát, az állatok hirtelen elhullását okozhatja (KÁDÁR, 1993).

Lássunk néhány konkrét példát a N-túlsúly minőségrontó következményeire szabadföldi termesztési viszonyok között. A 6. táblázatban bemutatott 1986. évi sörárpa kísérletben, a kontrollhoz viszonyítva a szemben 1,5-ről 2,0-re nőtt az összes-N, 0,7-ről 1,0-re a sörlebe jutó oldható N %-a az évi 300 kg/ha N-trágyázás eredményeképpen. Ugyanitt nemkívánatos mértékben megemelkedett a fehérje-N és a végerjedés %-a, a kevésbé értékes III. osztályú szemfrakció aránya pedig 15-ről 22 %-ra ugrott. Ezzel együtt csökkent az extrakt-tartalom, a cukrosodási idő, az értékesebb I. és II. osztályú szemfrakció (BÉNDEK & KÁDÁR, 1988).

A termés mennyisége és minősége azonos fontosságú kategória a cukorrépa termesztésében. A répa minőségét elsősorban N-táplálással befolyásolhatjuk. A tartós N-túlsúly lerontja a minőséget és ez a kár utólag semmilyen módon nem ellensúlyozható. Ez történt a '70-es években Magyarországon, amikor kétszer annyi répát dolgoztak fel, mint a '60-as években, mégis kevesebb cukrot nyertek. A termelők csak a mennyiség növelésében voltak érdekeltek, melyet főként a bőséges N-trágyázással értek el (BUZÁS, 1980).

Hivatkozott mezőföldi NPK-műtrágyázási tartamkísérletünk 8. évében, 1981-ben termesztettünk cukorrépát. A maximális 16-17 % tisztított cukortartalmakat a 8. éve nem trágyázott parcellák adták, ahol egyébként a talaj 0-60 cm-es rétegének $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete elérte a 100-150 kg/ha mennyiséget. A N-túlsúllyal a cukor 13 % körülire süllyedt, minden 10 kg N/ha átlagosan 0,1 % tisztított cukortartalom-vesztéséget okozott. A maximális gyökértömeget és cukorhozamot a 100 kg/ha kezelés adta, a 200-300 kg/ha adagnál 1 t/ha cukorhozam-vesztéséget jelentkezett (KÁDÁR & KISS, 1986).

Az Országos Egységes Műtrágyázási Kísérletek 15.-16. évében napraforgót termesztettünk. Összevont eredményeinket a 7. táblázatban mutatjuk be a 11 termőhely átlagában. Látható, hogy az 50 kg/ha N-, ill. P_2O_5 -adag felett a kaszattermés már nem nőtt, viszont az olaj % és az olajhozam is csökkent. Savanyú, tápanyagszegény nyír-ségi homokon ugyanakkor a napraforgó meghálálta az együttes NPK-trágyázást és a meszeztést (Ca+Mg), mert e talajok mind az öt elemekben szegények. Összességében 3,5-szeresére nőtt a kaszattermés és vele az olajhozam, elérve az országos átlagokat. A

minőség tehát nem szükségszerűen csökken az ésszerű trágyázással, még olajos növényeinknél sem (8. táblázat).

7. táblázat

Műtrágyázás hatása a napraforgóra (Országos Egységes Műtrágyázási Kísérletek
15.-16. évi eredményei 11 kísérleti hely átlagában)
(DVORACEK & LUKÁCSNÉ, 1989; KÁDÁR, 1989)

Kezelés, kg/ha/év			Kaszat, t/ha		Olaj %		Olajhozam, t/ha	
K ₂ O	P ₂ O ₅	N	1984	1985	1984	1985	1984	1985
Kontroll			2,4	3,1	49	50,4	1,0	1,4
100	50	50	2,9	3,6	48	49,8	1,3	1,6
100	50	100	3,0	3,6	47	48,3	1,3	1,6
100	50	150	3,0	3,8	46	47,7	1,3	1,6
100	50	200	3,0	3,7	46	46,5	1,3	1,5
100	100	250	2,9	3,6	45	46,0	1,2	1,5
100	150	250	3,0	3,7	44	45,5	1,2	1,5
100	200	250	2,9	3,6	44	45,0	1,2	1,4
SzD _{5%}			0,2	0,2	1	0,9	0,1	0,1

8. táblázat

Műtrágyázás és meszezés hatása a napraforgóra
(Savanyú nyírségi homoktalaj, Nyírlugos, 1984) (KÁDÁR & VASS, 1988)

Kezelés jele	Kaszattermés		Olajtartalom		Olajhozam	
	t/ha	%	%	rel. %	t/ha	%
Kontroll	0,75	100	45	100	0,34	100
N	0,64	85	42	93	0,27	80
NK	0,76	102	41	91	0,31	93
NP	0,95	126	42	93	0,40	120
NPK	1,43	191	44	98	0,63	186
NPKCa	1,85	246	45	100	0,83	246
NPKMg	2,27	303	45	100	1,03	306
NPKCaMg	2,64	353	46	102	1,21	359
SzD _{5%}	0,54	72	2	5	0,22	65

Megjegyzés: Az átlagos adagok 120 kg/ha N, P₂O₅ és K₂O, 150 kg/ha Ca és 40-60 kg/ha Mg-adagot jelentettek évente

Tápanyagellátás, trágyázás és a környezetvédelem

A szerves trágyák megítélése

A mezőgazdaságban képződő növényi és állati hulladékok, szerves trágyák a talajba jutva elbomlanak és helyreállítják annak funkcióit, termékenységét. Szokásos adagban alkalmazva nem jelentenek környezeti veszélyt, a természetes anyagforgalmat valószínűsítik meg. Koncentrált állattartásnál képződő nagy mennyiségű trágya azonban el-

helyezési problémát vet fel. A talaj lebontó és a növények tápanyagfelvevő képességét meghaladó terhelésnél közegészségügyi, környezeti (levegő, talaj, víz, élő szervezetek) károsodással kell számolnunk. Különösen fellép mindez az alom nélküli nagyüzemi állattartásnál, ahol óriási mennyiségű hígtrágya keletkezik.

Az istállótrágya és a hígtrágya bomló szerves anyaga bakteriológiai összetétele miatt járványmentes időszakban sem veszélytelen. A fertőző mikrobák tömege mutatható ki pl. a hígtrágya minden ml-ében. Szagmissziója, vízszennyező hatása, fertőző jellege és nagy tömege miatt nehezen kezelhető hígtrágya elhelyezésére egyetlen lehetőség a talajba juttatás. A kezeletlen istállótrágya elvileg hasonló veszélyforrást jelenthet, de tömege és fizikai állapota miatt szóródása a környezetben kisebb. A kisgazdaságok számának növekedésével (emberi hanyagság, szakszerűtlenség, pénzhány) a trágyák, hígtrágyák növekvő pontszerű veszélyforrásokat jelenthetnek a jövőben.

A hígtrágyákkal való túl gyakori, nagy adagokkal végzett szakszerűtlen öntözés eltömíti a talaj pórusait, tönkretelheti szerkezetét, redukciós viszonyokat hozhat létre, a talajvizet elszennyezheti és a talajt elmocsarasítja. A közeli talajvíz gyorsan szennyeződik bomló szerves anyaggal, N-vegyületekkel, nitráttal, és a sóterhelés ugrásszerűen megnőhet. Biztosítani kell tehát a szennyvízként kezelt hígtrágya talajbani elhelyezésének szigorú talajtani, öntözéstechnikai feltételeit. Hígtrágyába kerülhetnek nehézfémek (Cu, Zn) mint takarmányadalek, valamint az istálló fertőtlenítésére használt szerek jelentős része. Fontos a hígtrágya rendszeres elemzése, összetételének ismerete. Enélkül nem tervezhető meg a biztonságos öntözés. Meg kell említeni, hogy környezetvédelmi szempontból a szerves trágyák és a trágyalé nagyobb és ellenőrizhetetlenebb szennyező gócok lehetnek, mint a jobban kézben tartható, ellenőrizhető és irányítható műtrágyázás.

A műtrágyák megítélése

A műtrágyák hatása a talajra, növényre és a környezet egészére összességében lehet előnyös és hátrányos is. Amennyiben ténylegesen a talaj hiányosságait pótolják és a talajhibákat orvosolják (tápelemhiányok és aránytalanságok megszüntetése, a talaj túlzott savasságának vagy lúgosságának tompítása a műtrágyaformák megválasztásával stb.), úgy okszerű alkalmazásuk egészségesebb talajt, talajéletet, növényzetet, állatvilágot és végső soron emberi közösségeket hozhat létre korábbi pusztaságokon vagy pusztuló területeken. Mindezt a hazai és nemzetközi gyakorlat bizonyítja.

A műtrágyák érdemi környezetszennyező hatásáról rendszeres, nagyobb mérvű használatuk óta beszélhetünk. Elérhetőségük, viszonylagos olcsóságuk és egyoldalú alkalmazásuk új körülményeket teremtett az utóbbi évtizedekben. A közvélemény aggodalma megnőtt a „kemikáliák” elterjedésével, gyakran nem téve különbséget a növényvédelemben használatos mérgek és a műtrágyák között. Kérdés, hogy a műtrágyák mennyiben természetidegen anyagok, honnan származnak, milyen az összetételük és hogyan hatnak a talajra, a tágabb környezetre?

A műtrágyák mint tápsók, nem természetidegen anyagok és ugyanazon fontosabb tápionokat (nitrát, foszfát, szulfát anionok, ill. K, Ca, NH_4 , Mg stb. kationok) tartalmaznak, melyek a talajban is fellelhetők. Trágyázáskor megnöveljük a talaj tápionkészletét abból a célból, hogy nagyobb terméseket kapjunk. Más oldalról viszont a műtrágyák talajidegen anyagok, mert pl:

- kémiai összetételük, tulajdonságaik eltérnek a talajtétől;
- általában vízben vagy gyenge savakban jól oldódó sók;

- egy vagy néhány elemet nagy koncentrációban tartalmaznak;
- tápelemeik aránya, tápelemszolgáltatásuk a növény igényétől eltérhet;
- vívdanyagként vagy szennyezésként gazdagok lehetnek nem szükséges vagy káros elemekben is.

Hazai viszonyok között nem beszélhetünk érdemi talajszennyezésről, nehézfém-dúsulásról a műtrágyákra visszavezetve. Talajaink nem szennyeződtek a legveszélyesebb nehézfémekkel, a kadmiummal, mert az általunk szuperfoszfát gyártására használt nyersanyag kadmiumban szegény volt. A volt Szovjetunióból beszerzett nyersfoszfátok urán, stroncium és más sugárzó izotópot tartalmazó elemekben viszont gazdagok. Vizsgálataink szerint pl. a foszforral feltöltött talajon a felvehető stroncium igazolhatóan megemelkedett és a növények Sr-tartalma 2-3-szorosára nőtt. (Az alkalmazott szuperfoszfát Sr-koncentrációja 1-2 %-ot ért el.) A ^{40}K izotóp 119 ppm a természetes káliumban, így a K-műtrágyák is enyhén növelhetik a talaj radioaktivitását. Mindez azonban nem jelent érdemi sugárterhelést (SZABÓ, 1985).

A növényi tápelem gyakran a műtrágya felét sem teszi ki. Így pl. a 40 %-os kálisó még 45 % Cl- és 5 % Na-iont is tartalmazhat. A szuperfoszfátban valójában több lehet a szulfát, mint a foszfát. Igaz, hogy a répafélék meghálálják a Na- és Cl-trágyázást, a kén pedig minden növénynek esszenciális. Nemkívánatos összetevőknek minősülnek viszont, amennyiben a talaj ezen elemekben jól ellátott és a termesztett növény sem igényli. A műtrágyák – mint oldható sók – nagyságrendileg növelhetik a sóterhelést, az elektrolitok mennyiségét a talajban. A talaj anionmegkötő képessége csekély, így a növény által fel nem vett felesleges nitrát, klorid, szulfát kimosódik a mélyebb rétegekbe, óriási mennyiségű kationt (főként Ca, Mg) magával ragadva. A talajok gyorsan elsavanyodhatnak, a talajvizek elszennyeződhetnek.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a műtrágyák nemkívánatos mellékhatása döntően akkor jelentkezik, amikor azokat természetellenes formában, mennyiségben és arányban juttatjuk a talajba. A talaj és a növény igényeinek megfelelő műtrágya-forma és -adag a káros hatásokat nem engedi érvényre jutni sok évtizedes rendszeres alkalmazás esetén sem. A tudományos igényű szaktanácsadás, amennyiben azt betartják, kiküszöbölheti a gyakorlat negatívumait, az alkalmazás veszélyeit. A savanyító hatás meszezéssel vagy lúgosító formák alkalmazásával, nitrátosodás osztott adagolással a tényleges (talaj- és növényvizsgálatokon alapuló) igények szerint, eutrofizáció pedig elsősorban az erózió és kilúgzás megszüntetésével.

Műtrágyázás a közelmúlt „iparszerű” gazdálkodásában

Nem hallgatható el, hogy a közelmúlt iparszerű gazdálkodási rendszerének bukásához az is hozzájárult, hogy a gyakran természetellenes módon kialakított nagy táblákon a monokultúras termesztés gép-, vegyszer- és energiaéhsége szinte kielégíthetetlennek mutatkozott. Erősödött az erózió, kialakult az ellenálló gyomflóra, kifejezetté vált a monokultúras termesztés műtrágyaigénye, hiszen a talaj egyoldalú használatának negatív következményeit is az államilag dotált olcsó műtrágyával próbálták ellensúlyozni. Általánossá vált a sablonos műtrágyázás, figyelmen kívül hagyva a talaj tápanyagállapotát, a rendszeresen és kötelezően végzett talajvizsgálatok eredményeit, a szaktanácsadók ajánlásait. Erre az akkori MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ elemzései is utaltak (BUZÁSNÉ et al., 1988).

Amint az agrárközgazdász MEMIÖLCZERNÉ (1989) a műtrágyákkal kapcsolatos vitában megjegyzi, a hazai műtrágyagyártó kapacitás kiépítése 1960–1976 között „...az '50-es évek végét jellemző gigantomániás gazdaságpolitika eredménye. Az akkori Földművelésügyi Minisztérium 1985-re 2,5, 1990-re 3,0 millió tonna hatóanyag felhasználását prognosztizálta.” A mezőgazdaság igénye azonban csak 50-60 %-ban kötötte le a hat hazai műtrágyagyár kapacitását a '80-as években, az export pedig az alacsony világpiaci árak miatt lehetetlenné vált. A gondokat növelte a Szovjetunióból érkező, növényvédőszer-exportunkat ellentételező nagy mennyiségű, gyenge minőségű műtrágya. Az eladatlan készletek nőttek. A szerző említett írása szerint: „E két tényező együttesen eredményezi a vegyipar és a költségvetés képviselőinek oldaláról a műtrágya-felhasználás növelésére irányuló nyomást, amit a szak- és kevésbé szak-apparátuson keresztül próbálnak elérni.”

A túltrágyázás gyakorlatát számos tényező (tudati, gazdasági, politikai) idézte elő, ill. tartotta fenn. Ide sorolható a vulgáris input/output szemlélet, azaz a több műtrágya = több termés összefüggés abszolutizálása; műtrágyák állami dotációja, túlzott termésbiztonságra való törekvés; maximális termések hajszolása; üzemek minősítése a felhasznált műtrágya volumene alapján; pártállami és szakigazgatási elvárások; beszükkülő általános szakmai műveltség és érdektelenség; környezeti tudat hiánya és felelőtlenség a környezetrombolással szemben stb. Analógiaként jelentkezett a túlvédekezés a növényvédelem területén, amikor az ún. „technológiába illesztett” beavatkozások, előírások uralkodtak. Jórészt függetlenül a táblaszintű igényektől, ha kell, ha nem alapon, mentesítve az üzemi szakembert a kényelmetlen terepi felvételezés és az azt követő felelős döntéshozatal alól.

A helyenkénti túlkapasok ellenére megállapítható, hogy az 1970-es évek közepétől indult, talaj- és növényvizsgálatokra alapozott, az ország egészére kiterjedő szaktanácsadási rendszer világszínvonalú volt és a legkorszerűbbek közé tartozott.

Az iparszerű termelés a környezetterhelést azáltal is megsokszorozhatja, hogy a kiszolgáló vegyipar, gépipar, valamint a szállítás és energiatermelés által okozott (ipari) szennyezés előidézője. A hazai műtrágyagyárak és vegyi üzemek kellő környezetvédelmi beruházások nélkül veszélyesek voltak a környezetre, akár kisebb régiók levegőjét, vizét, talaját képesek voltak elszennyezni. Korábbi becsléseink szerint mintegy 1/3-ával több műtrágyát használt mezőgazdaságunk a '80-as években a tényleges igényeknél. Ez a mennyiség valójában szennyezésként jelent meg a talajokban, vizekben, a szálló porban stb. A túltrágyázás rontotta az arra érzékeny kultúrák minőségét, helyenként terméssuppressziót okozva. A környezeti károk azonban felbecsülhetetlenek és pénzben ki sem fejezhetők.

Amint említettük, a racionális (a talaj adottságaihoz alkalmazkodó, a környezeti feltételeknek megfelelő és a termesztett növények igényéhez igazodó) műtrágyahasználat nem terheli a szükségesnél jobban a környezetet. Ez a műtrágyákkal okozott nehézfém/károselem-terhelésre is igaz. A leginkább szennyezett hazai szuperfoszfátok 1-2 ppm Cd- és Ni-, 5-6 ppm Cr-, 10-20 ppm Zn-, Cu- és Pb-, ill. 100 ppm körüli As-koncentrációt mutattak elemzéseink szerint is. A '70-es, '80-as évek átlagos 50-60 kg/ha P_2O_5 felhasználásával, azaz 300-400 kg/ha/év szuperfoszfáttal 0,3-0,6 g Cd- és Ni-, 1-2 g Cr-, 3-6 g Zn-, Cu-, Pb-, ill. 30-40 g/ha/év As-bevitel történhetett. A cink és réz nehézfémek esszenciális tápelemek, melyekkel talajaink általában gyengén ellátottak és a növényi igény nagyságrenddel nagyobb lehet. A kadmium, króm és nikkel mennyisége a háttérterhelésnek felelhet meg, ill. a természetes elemforgalom határain belül marad (növényi felvétel, kilúgzás, megkötődés).

Amennyiben a szuperfoszfát kiugróan magas As-szennyezettségét vizsgáljuk, arra a következtetésre jutunk, hogy kb. egy évezred múlva érné el a talaj As-terhelése a nemkívánatos 30-40 kg/ha határértéket. Persze csak elvileg, nem számolva az egyéb veszteségforrásokkal, mint a növényi felvétel, kilúgzás, elillanás, megkötődés. Megemlíthető, hogy a légkörfizikai mérések szerint csupán a nedves ülepedéssel felszínre jutó terhelés pl. 3-6 g Cd, 7-22 g Ni, 74-84 g Pb, 160-230 g/ha/év Zn mennyiséget ért el a '80-as években hazánkban. Azaz a légköri terhelés nagyságrenddel meghaladhatja a műtrágyák által indukált szintet. Nem a műtrágyákról kell feltétlenül lemondanunk tehát, hanem a túltrágyázásról, ill. a szakszerűtlen használatról.

Az alternatív (fenntartó, biológiai) gazdálkodás alapelveiről

Napjainkban erősödik a hagyományos vagy ún. „természetes” eljárásokra támaszkodó biológiai mezőgazdaság iránti érdeklődés. Ma már a hazai szakkörök sem térhetnek ki az újkori problémák megválaszolása elől. Foglalkozunk össze az érveket, melyek leggyakrabban elhangzanak a kemizált mezőgazdasággal szemben (KÁDÁR, 1992):

- A talajokat telítjük primer tápsókkal, amikor műtrágyázunk vagy szennyvízzel öntözünk. Ilyenkor a növényben is túlsúlyba jutnak az egyszerűbb, „szerkezet nélküli” vegyületek a polimerek rovására, szabad aminosavak a fehérjékkel szemben, redukáló cukrok a poliszacharidokkal, ill. ásványi frakciók a szerves formákkal szemben.

- A fentiek miatt hiányos anyagcseréjű, csökkent betegség-ellenállóságú növényzet fejlődik. A kártevők feladata viszont elpusztítani a selejtes szervezeteket. Az eredmény: egyre inkább rá vagyunk utalva a kémiai növényvédelemre, mely kitermeli az ellenállóbb élősködőket és ezzel kialakul a környezetpusztító ördögi kör.

- A növények összetételének említett megváltozása, élettani, minőségi jellemzőinek romlása csökkenti az eltarthatóságot, egyre több konzerváló adalékot igényelve az élelmiszeriparban. Az iparszerű állattartó telepeken a hormonokkal, vitaminokkal, ásványi sókkal dúsított, de hiányos anyagcseréjű takarmányokkal táplált állatokon nő a meddőség, spontán vetélés, anyagcserezavarok, és lecsökkent betegség-ellenállóság figyelhető meg. Az állati termékek minősége romlik, a termékek szennyezettek.

- A humán civilizációs betegségek részben az ipari élelmiszerelőállítás következményei, melyek tükröződnek az emésztőszervek funkcionális zavaraiiban (fogazat, gyomor, máj, epe) és hozzájárulnak a szív és érrendszer, ízületek és bőr, valamint a légző- és ivarszervek kóros működéséhez. A degeneratív megbetegedések növekedése szintén nem független a tápláléklánc említett anomáliáitól.

- Végül utalnak egyéb környezeti következményekre, mint az erősödő defláció, erózió, szikesedés, láposodás, talajsavanyodás, szervesanyag-csökkenés, szerkezetromlás, szermaradványok/károseelemek felhalmozódása, rezisztens gyomok és kártevők felszaporodása stb. Közgazdasági oldalról nézve nyomasztóan jelentkezik az ipari anyagoktól és energiától való függőség.

Az említett jelenségek összetettségük miatt kísérletesen gyakran nem, vagy csak nehezen vizsgálhatók és ugyancsak nehezen bizonyíthatók. Hasonlóképpen a felhozott érvek cáfolata is nehézségekbe ütközhet. A biológiai mezőgazdasággal szembeni kifogások az alábbiakban fogalmazhatók meg:

– A szerves trágyákból, komposztokból több só, nitrát, nehézfém juthat a földekre és a vizekbe, mint a műtrágyákból. A műtrágyákat egyébként sem helyettesíthetjük szerves trágyákkal, hiszen nem állnak korlátlanul rendelkezésre.

– Műtrágyák és növényvédő szerek nélkül a termések lecsökkennének, a termékek ára megnőne és helyenként éhínség lépne fel. Számos növényi kártevő, ill. betegség ellen nem lehet védekezni biológiai módszerekkel.

– A kemizálás eredményeképpen nőtték a termések. Ez azt is jelenti, hogy tisztább a levegő (több oxigén termelődik). A növények trágyaként hasznosítják a szennyeződéseket (NO_x , CO_2 , ásványi elemek), tisztítják a levegőt, talajt és a talajba szivárgó vizeket egyaránt.

– A nagyobb termés jobb talajborítottsága révén csökkenti a talajpusztulást (víz- és széleróziót), közvetve a gyomosodást, valamint a nagyobb tömegben visszamaradó tarló- és gyökérmaradványai útján javítja a talaj szervesanyag-gazdálkodását, szerkezetét, biológiáját, összességében termékenységi állapotát.

– A növényvédő szerek – hasonló módon kifejtve áldásos hatásukat – a talajban lebomlanak, mérgező jellegüket elveszítik és szakszerű alkalmazás esetén nem kerülnek a táplálékláncba. Alapvetően pedig a szakszerűség az uralkodó, hiszen Európában egyedülállóan jól szervezett növényvédelmi szolgálat működik Magyarországon.

– A talajok és vizek szennyeződéséért lényegében nem a mezőgazdaság felelős. Az ipari és kommunális szennyvizek/iszapok, a pontszerű források okozzák a nitrátosodást, a nehézfém-terhelést, a felszíni vizek romlását. A Balatonba jutó és algásodást kiváltó foszforok pl. csak néhány százaléka műtrágya eredetű.

– Nem bizonyított, hogy a biológiai módon termelt élelmiszerek egészségesebbek. A termelés és raktározás során toxinokkal, kártevők útján szennyeződhetnek. Ellenkezőleg, az ásványi trágyázás és a hatékony kémiai védelem nyomán váltak a növények, termékek teljes értékűvé. Az ember soha nem élt oly sokáig erejének teljében mint ma.

– Minden termesztési mód nevezhető biológiaiának a mezőgazdaságban, hiszen az élő szervezetek révén valósul meg. A biológiai és a kemizált jelzővel illetett gazdálkodás között e tekintetben oly kevés a különbség, hogy a külön elnevezés nem is indokolt.

Talajtermékenység megőrzése a fenntartó gazdálkodásban

A tudomány és a gyakorlat által igazolt alapelvekre építhet a jövő gazdálkodása. Az agronómia és az agrokémia kiemelkedő képviselőinek munkáiban a racionális, környezetkímélő és fenntartó gazdálkodás szinte minden elemét megtaláljuk. Nem a művelésről, növényvédelemről vagy a műtrágyákról kell lemondanunk. Szakítanunk kell viszont az értelmetlen vagy indokolatlan túlműveléssel, túlvédekezéssel, túltrágyázással, kukorica termesztésével lejtős területen stb. Hasonlóképpen nem erőltethetjük a monokultúrát, ill. ki kell használnunk a növényváltás előnyeit csökkent víz-, műtrágya-, növényvédőszer igényével.

A fajgazdag vetésforgó közelebb áll az önreguláló természetes növénytársulásokhoz, bár a fajok térben és időben szétválhatnak. A fajgazdagsággal nő az önreguláló képesség és arányosan csökken a külső/mesterséges beavatkozás szükségessége. Mindez a talajfunkciókat is előnyösen befolyásolja. Az évszázados tapasztalatok alapján az agronómia a növényfajokat vízigényük, tarló- és gyökérmaradványaik minősége, le-

kerülésük ideje, a talajerőre/gyomosodásra/szerkezetre stb. gyakorolt hatásuk alapján csoportosította. Akkor járunk el helyesen, ha az eltérő karakterű fajok követhetik egymást a forgóban, ami a növényegészségügyi problémák jelentős részét is megoldhatja vagy mérsékelheti (KREYBIG, 1951; KEMENESSY, 1959; SZABÓ, 1996).

A termés biztonságának fontos tényezője a talaj termékenységének stabilitása, kiegyensúlyozottsága, pufferkapacitása. Mindez ellensúlyozhatja egyéb kedvezőtlen hatások (agrotechnikai hibák, aszály stb.) mértékét, átsegítheti növényeinket a stresszhelyzeteken vegyszer/műtrágya/energia bevitelle nélkül. Természetesen a piaci, üzleti szempontokat is szem előtt tartva váltogatni kell az őszi és tavaszi vetésű, humusz-növelő és csökkentő, mélyen és sekélyen gyökerező, szalmát és levelet visszahagyó, nitrogént fogyasztó és gyarapító, gyors és lassú erélyű, gyomot elnyomó és nevelő, kicsi és nagy vízigényű kultúrákat.

A fenntartó ill. környezetkímélő gazdálkodás alapjául szolgáló trágyázási szaktanácsadás alapelvei eltérnek a korábbiaktól:

- Eddig a maximális termés és termésbiztonság érdekében (biztonsági okból) túltrágyáztunk. A gazdaságosság és a környezetbiztonság érdekében (biztonsági okból) a jövőben enyhén alultrágyázunk.

- Eddig a forgó leginkább igényes növénye szabta meg a trágyázás szintjét. A jövőben meg kell elégednünk az átlagos trágyaigény biztosításával. Ez azt is jelenti, hogy nem törekszünk a talajt igen jó vagy káros ellátottságra feltölteni, hanem megelégszünk a közepes vagy kielégítő ellátottsággal.

- A közepes vagy kielégítő ellátottságon fenntartó (a növényi felvételhez igazodó) trágyázás biztosítja a megfelelő terméseket, valamint a talajtermékenység újratemelését.

- A már kielégítően ellátott talajokon és zárt anyag(elem)forgalom mellett bio-gazdálkodás folytatható különösebb műtrágyaigény nélkül.

Összefoglalóan és leegyszerűsítve a trágyázásnak kettős célja van: egyrészt elkerülni a termésvesztést az alul- vagy túltrágyázásból eredően, másrészt a talajtermékenység fenntartása, megőrzése vagy szükség szerinti növelése környezetkímélő módon. A kutatásnak hatékony eljárásokat kell kidolgoznia talajra/növényekre és eltérő gazdálkodási körülményekre adaptálva a szabadföldi kísérletekre, valamint a talaj- és növényvizsgálati eredményekre támaszkodva.

Kutatás, oktatás, szaktanácsadás

Általános szempontok

A talajjal, ill. a környezeti elemekkel kapcsolatos kutatások bizonyos specifikummal rendelkeznek, a nemzeti tudományok körébe tartoznak. Létezik ugyanis magyar talaj, valamint földtani, hidrológiai, éghajlati, agronómiai–gazdálkodási környezet. Az eltérő természeti/gazdálkodási körülmények között nyert összefüggések és kutatási eredmények nem vihetők át más közegbe, mert adataik részlegesen érvényüket veszítik, ill. félrevezetőek lehetnek. Ebből adódóan a hazai kutatások helyettesíthetetlenek, mert másutt, mások által nem végezhetőek el.

A természeti erőforrásokkal, talajjal összefüggő vizsgálatok eredményeire gazdasági döntések, hazai szabványok, környezetvédelmi beavatkozások, hasznosítással kapcsolatos eljárások épülnek. A kutatások eredményei közvetlenül hasznosíthatók, végső soron e hazai vizsgálatok minősége és mennyisége határozza meg a gazdasági döntéseink, szaktanácsadásunk, összességében a gazdálkodásunk hatékonyságát és ezzel az ország anyagi jólétét.

Eddig főként a termést befolyásoló fő tápelemek (NPK) hatásait vizsgáltuk a talaj–növény rendszerre szűkítve. A kutatásoknak ki kell terjedniük majd a talaj–légtér, talaj–víz, ill. talaj–növény–állat tápláléklánc elemforgalmának figyelemmel kísérésére 20–25 életminőséget befolyásoló elemre tekintettel. Megválaszolandó kérdések:

– Melyek a fontosabb szennyezők Magyarországon és hogyan alakulnak a talajt erő terhelések, a káros anyagok mérlegei?

– Mi történik a talajba jutó elemekkel/szennyezőkkel, esetleges lebomlásuk vagy átalakulásuk? Mennyiben akumulálódnak a felszíni rétegekben, ill. mosódnak ki?

– Milyen terhelésnél következhet be a talaj és a növény károsodása, a termés minőségének romlása? Az egyes elemek átjutása (transzfer) talajból növénybe, növényből állatba hazai talajtani és gazdálkodási viszonyaink között?

– Mely talajok, növények, vízbázisok, állatok, termőhelyek, tájak a leginkább veszélyeztetettek? Mit tegyünk a kiemelt védelmet igénylő objektumok megőrzése érdekében?

– A már elszennyeződött területen milyen technikát, eljárást, vetésforgót alkalmazunk, hogy a szennyezés ne jusson ki a talaj–növény rendszerből?

A mezőgazdasági tevékenység, vidékfejlesztés, környezetvédelem feladatai összetársadalmi igényeket jelenítenek meg. Egyedül az állam képes a megfelelő hatósági feladatok ellátására és központi szabályozására. A gazdálkodás és a hatósági döntések alapjául szolgáló kutatás, oktatás és szaktanácsadás működtetése igényli a megfelelő infrastruktúrát, intézményi hátteret, laboratóriumi hálózatot, műszerparkot, kiképzett személyi állományt. Az ezzel kapcsolatos kutatás, oktatás és szaktanácsadás költségeit döntően az államnak kell viselnie koordinációt is ellátva.

A trágyázástani, növénytáplálási kutatás és szaktanácsadás igényli többek között:

- Talajaink állapotának folyamatos ellenőrzését (monitoring);
- Trágyaszerek, új műtrágyaformák, iszapok, hulladékok kísérletes vizsgálatát;
- Tápelemek és szennyezők hatásvizsgálatát a talaj–növény rendszerben;
- Kis területen termesztett és újonnan termesztésbe vont kultúrák tápelemigényének, trágyaszükségletének kísérletes vizsgálatát;
- Talajjellemzési és növényvizsgálati határértékek „kalibrálását”;
- Új, gazdaságossági és környezeti igényeknek megfelelő szaktanácsadási módszerek kidolgozását eltérő gazdálkodási viszonyokra, régiókra.

Az oktatás minden szintjén tudatosítani kell az ásványi táplálás, ill. a talajtermékenység megőrzésének fontosságát, benne a szerves trágyák és a műtrágyázás szerepét. Az újabb ismeretek, kutatási eredmények nyomán folyamatosan revideálni szükséges a

- termőföld mennyiségi és minőségi védelmével kapcsolatos normatívákat,
- trágyaszerek, talajjavító anyagok felhasználására vonatkozó előírásokat,
- növényi termékek minőségét, összetételét érintő szabványokat,
- gazdálkodást korlátozó (állatsűrűség, trágyatermelés) előírásokat,
- támogatott szaktanácsadás alapelveit és módszereit.

Összefoglalás

1. Századunk első felében terméseink stagnáltak. Műtrágyázás gyakorlatilag nem folyt, talajaink tápelemekben folyamatosan szegényedtek a rablógazdálkodás következtében. A termésekkel felvett N, P és K fő tápelemek mintegy 1/3-át volt képes az akkori szerves trágyázás gyakorlata pótolni.

2. Az '50-es évek második felében, ill. a '60-as évekkel meginduló hazai műtrágyázás nyomán folyamatosan nőttek a termések, javult a talajok tápelem-ellátottsága, a rablógazdálkodást felváltotta a talajgazdagító trágyázás. A '70-es évek második felében és a '80-as évekre az 1 ha mezőgazdasági területen felhasznált N-, P_2O_5 -, K_2O -hatóanyagok mennyisége elérte a 200-230 kg-ot. Magyarország ekkor az európai rangsorban a 8. helyet foglalta el, megelőzve olyan fejlett államokat, mint Finnország, Franciaország, Anglia stb.

3. A talajgazdagító műtrágyázás nyomán a '80-as évek végére művelt talajaink 2/3-án a P- és K-ellátottság a jó, ill. magas kategóriába emelkedett az országos talajvizsgálati adatok alapján. A gyengén ellátott területek részaránya 10-15 % körülire csökkent.

4. Az 1991-1995. években a nitrogén felhasználása 1/3-ára, mintegy 30 kg/ha-ra, míg a P_2O_5 és K_2O mennyisége a korábbi 60-80 kg-ról 4 kg-ra zuhant. Ez az állapot a '60-as évek elejének színvonalát tükrözi mind a műtrágyahasználatban, mind az országos tápelemmérleg egyenlegeiben. A termésekkel felvett tápelemek mintegy 60 %-át juttatjuk vissza a talajba, mindhárom elemben megjelent újra a rablógazdálkodás.

5. Talajaink K-mérlegének pozitívuma mindössze 20 éven át (1970-1990. között), míg a P-mérleg pozitívuma (1960-1990 közötti) 3 évtizedben állt fenn. Ezen időszakban országosan 800-1000 kg/ha P_2O_5 - ill. K_2O -akkumuláció jelentkezhetett talajainkban. Ez a tápanyagtöke, legalább is a jól ellátott területeken még hosszú ideig biztosíthatja a megfelelő termések elérését.

6. Sajnos újabb országos felmérés adataival nem rendelkezünk talajaink ellátottságát illetően. A korábbi évek, ill. évtizedek tapasztalatai, valamint a szabadföldi kísérletek eredményei valószínűsítik, hogy a P- és K-ellátottság kategóriáinként átlagosan mintegy 10-10 %-kal romlott. Az 1991-1995. évek országos mérlegeiben 30-30 kg/ha/év körüli a N és a K, valamint 15 kg/ha/év a P_2O_5 hiánya. Mindez abszolút értékben nem tűnik nagyknak. Sajnos azonban éppen a rosszul gazdálkodó és korábban is szegény, elmaradott körzetekben szüneteltetik gyakran a műtrágyázást, emiatt a terméscsökkenés helyenként drasztikussá válik. Az országos mérlegek ugyan jó áttekintést adhatnak és az agrárpolitika fontos részét képezik, de elfedik a regionális problémákat. Szükséges a regionális, üzemi és tábla szintű tápelemmérlegek rendszeres vizsgálata is.

7. Amennyiben a jelenlegi állapot fennmarad, tartós terméscsökkenéssel kell számolnunk. Terméseink a '60-as évek elejének-közepének szintjén állandósulhatnak. Az igen jól ellátott talajokon, ahol trágyahatás nem várható, megengedhető a hiánygazdálkodás. A kielégítően ellátott területeken a terméssel felvett tápelemek egyszerű pótlásával fenntartó gazdálkodást kell folytatnunk, megőrizve e talajok termékenységet. A gyengén ellátott talajokon gazdálkodók számára zöldhitel keretében biztosítani szükséges a kívánt műtrágyaellátást, hiszen gyorsan megtérülő beruházásról van szó.

8. Mivel a szakszerűség még inkább felértékelődik, célszerű biztosítani az ingyenes, államilag fenntartott szaktanácsadást, hiszen az újonnan belépő termelők enélkül

képtelenek megbirkózni feladataikkal. Mindezt környezetvédelmi megfontolások is indokolják. Az agrárgazdaság versenyképessége feltételezi egyben a kutatás–oktatás–szaktanácsadás–termelésirányítás zavartalan funkcionálását. Mezőgazdaságunk fennállása akkor következett be a múltban, amikor a földművelési tárca, ill. az állami politika mindezt megértette és felvállalta.

9. Ismereteink zöme szabadföldi kísérletekből származik, a kísérletügy felkarolása elengedhetetlen. A jövő kutatás prioritásai természetesen mások, mint a '60-as években. Az NPK fő tápelemek mellett vizsgálnunk kell a meszezés, az esszenciális mikroelemek és a talajszennyező nehézfémek sorsát. Hangsúlyozni szükséges, hogy a talajjal kapcsolatos kutatások másutt és mások által el nem végezhetőek, e kutatások mélysége és szélessége szabja meg a szaktanácsadás, a gazdálkodás, a talajvédelem és végső soron a hazai lakosság életszínvonalát.

10. A műtrágya valójában „szükséges rossz”, amely az árutermelés során fellépő tápelemhiányt pótolja. A már kielégítően ellátott talajokon és zárt elemforgalommal rendelkező gazdálkodásban elhagyható, ill. „biogazdálkodás” folytatható. A műtrágyák állami szubvenciója nem reális alternatíva. Nemcsak azért, mert a költségvetés erre képtelen. Szakmailag sem indokolt. Azon országokban, ahol feszítő élelmiszerhiány uralkodik, támogatásban részesül a műtrágya. Helyénvaló volt ez a szubvenció Magyarországon is az '50-es években, mérsékelten a '60-as években is. A '70-es és '80-as években mindez már pocsékoláshoz, környezetszennyezéshez vezetett, az üzemek elhanyagolták a helyi erőforrások (istállótrágya, melléktermék, komposztok) kihasználását.

11. Fontos volna viszont megőrizni a hagyományos NPK-műtrágyázási szabadföldi kísérletek maradványait, valamint átfogó új programot indítani a mikroelemek kutatására, beleértve a talajszennyezőnek minősülő káros elemeket is. E téren nemcsak országosan koordinált munka nem folyik az országban, hanem szinte teljesen hiányoznak a tudományos igényű szabadföldi kísérletek. E kísérletek nélkül nem alakíthatók ki ellátottsági vagy szennyezettségi határértékek, melyek a szükséges beavatkozásokat megalapozhatják.

12. A kutatások nem szűkülhetnek le az agronómiai célú trágyahatás/termés összefüggésekre. Az elmúlt évtizedekben kiderült, hogy minden elem környezetszennyező lehet szakszerűtlen alkalmazás esetén. Utalhatunk a talajok és talajvizek nitrát-, a felszíni vizek eutrofizációját döntően meghatározó foszfátszennyezésre stb. Másrészről az is ismertté vált, hogy bizonyos koncentrációban minden elem hasznos, növelheti az élő szervezetek teljesítményét (Pb, As, Cd, Cr stb.)

13. A mezőgazdasági tevékenység és a kutatás is összefonódik a környezetvédelemmel. Szemléletünk, magatartásunk átalakul. Az elemforgalmat ma már nem vizsgálhatjuk leszűkítve a talaj–növény vagy talaj–trágya–növény rendszerben. A bioszféra egészére kiterjedő elemforgalmi kutatások részeként, együttműködve a légkörfizika, hidrológia, geokémia, takarmányozástan, állat- és humán élettan képviselőivel követhetjük nyomon a levegő–talaj–víz, ill. az egész tápláléklánc eleműsüléseit.

14. A '90-es évek termés csökkenéséhez a tápanyaghiány minden bizonnyal hozzájárult, de talán nem ez volt a fő oka. Az aszályos évek miatt a hatékonyság lecsökkent, Mezőföldön és más aszályos területeken a legkisebb termést a trágyázott parcellák adták. Itt a talaj vízkészlete jobban kimerült és a szemképződés erősebben gátlődött. A tápanyagokkal igen jól ellátott talajon a kukorica szemtermése 2 t/ha körülire zuhant 1990-ben.

15. A '70-es években megállapítottuk, hogy Magyarországon átlagosan mintegy 30-40 %-kal több műtrágyát használtunk 1 t főtermés előállítására, mint pl. a szomszédos Ausztria. Ennek egyik oka a hazai talajok alacsony tápanyag-ellátottsága, azaz a talajgazdagító/feltöltő trágyázást igénylő területeink nagyobb részaránya volt. Másrészről a szárazabb klíma is műtrágyaigény növelő tényező, amennyiben a diffúziós utak meghosszabbodnak a növényi tápelemfelvétel során a talajban, amely csak nagyobb tápelembőséggel ellensúlyozható. Erősebb szárazság ill. aszály idején ez a mechanizmus nem érvényesül, sőt amint az előző pontban utaltunk rá, visszajára fordul.

16. Nyugat-Európa uralkodó talajaihoz viszonyítva ugyanakkor hazai talajaink kötöttebbek, meszesebbek, humuszosabbak, egyszóval nagyobb tápelemtőkével rendelkeznek. Alacsonyabb termésszinteken és extenzívebb gazdálkodásban a fajlagos trágyaigényünk tehát csökkenhet. Jó eloszlású csapadékos években pl. csernozjom talajainkon mindenféle trágyázás nélkül tartósan 5-6 t/ha kukorica szemtermést kaphatunk.

17. Amennyiben csak a belső ellátásra törekednénk, minimális műtrágyázásra szorulnánk, esetleg 50-60 kg/ha összes-hatóanyag mennyiséggel országosan. A jelenlegi termések fenntartásához 100-120 kg, míg a '80-as évek erőteljesebb exportteljesítményeihez felzárkózva (megfelelő időjárással párosulva) 150-200 kg/ha/év összes-hatóanyag igény jelentkezhet a jövőben is intenzíven művelt területeinken.

18. Szaktanácsadási rendszereinkben a túltrágyázásra törekvés biztonsági okból már eleve beépített volt. A közismert nemzetközi és hazai tapasztalatok szerint a közkezen forgó ajánlások, tanácsolt adagok fele indokolható tudományosan. Egyik legfontosabb kutatási feladatnak minősülhet az új, tudományos igényű szaktanácsadási módszerek ill. rendszer kidolgozása és elterjesztése.

19. Az új kidolgozandó szaktanácsadásban érvényesíteni kell a környezeti prioritást. Korábban „biztonsági” okból túltrágyáztunk, most a környezet biztonsága okán enyhén alultrágyázunk, nitrogén esetén pl. a megosztott adagolás kívánatos. A maximális termésekre való törekvés mindenkori tápelembőséget tételez fel a talajban, tehát automatikusan környezetszennyezővé válik. A műtrágyák szubvenciója erre ösztönözne.

20. A mikroelemek forgalmának elemzésénél a mérlegelv nem alkalmazható, hisz nem a talajbani készlet a meghatározó, hanem felvehetőségük. A hazai agrokémiai és takarmányozástani vizsgálatok pl. egybehangzóan utalnak arra, hogy a Nyírség erősen elsavanyodó homokos talajain ugrásszerűen megnőhet a növények Cd-tartalma (dohánylevél, takarmányok), mely a tehéntejben is nyomon követhető. Környezetvédelmi okokból is szükségessé válhat tehát e talajok meszezése állami beavatkozással.

21. A trágyázás és a gyomosodás összefüggéseit vizsgálva megállapítható, hogy mind a hiányos, mind a túlzott trágyázás a kultúrnövény borítottságát csökkentve serkenti a gyomok fejlődését. A gyomfajok széles spektrumából ugyanis olyan fajok szaporodnak el, melyek hasznosítani képesek az alul- vagy túltrágyázási szituációt. A szakszerű műtrágyázás ugyanakkor a kultúrnövény konkurenciaképességét növeli és így gyomirtó, gyomelnyomó szerephez jut.

22. A tápláltság és a betegség-ellenállóság összefüggéseit vizsgálva szintén a gazdanövényen keresztül érvényesül a negatív vagy pozitív hatás. Az ásványi trágyázás megváltoztatja a növény egész biológiáját, fejlődését, minőségét, ezen keresztül a gyomokkal, kártevőkkel, betegségekkel szembeni viselkedését. Bizonyos gombabetegségek közismerten a N-túlsúly nyomán lépnek fel, míg mások (Macrophomina) az

alultápláltsági szituációban. A rovarkártétel, állati kártétel általában az abnormálisan túltáplált állományban jelentkezett megfigyeléseink szerint. Az állati kártevők mintegy „kiselejtezik” a túltáplált növényeket.

A talajnak és a mezőgazdaságnak mind ez ideig főként termelési funkciót tulajdonítottunk, multifunkcionalitásukat szem elől tévesztve. Nem lehet újra célunk 15 millió tonna gabonát és 9 millió hízott sertést termelni import energiával, támogatott műtrágyával, a hegyoldalakon termelve kukoricát. Mindez kevés embernek adna munkát és környezetpusztulással járna. A vidék, a mezőgazdaság, a talaj élettér ökológiai és szociális funkciókkal. Feladatuk megőrizni a tiszta vizet, levegőt, haszon- és vadon termő növényeket, állatokat. Az élelmiszer előállítása mellett ipari és energetikai célú nyersanyagokat termelhet, helyt adhat a turizmusnak és helyi vállalkozásoknak. Ehhez infrastruktúrát, támogatást igényel. Az ipari és energia alapanyag-termelés melléktermékei a talajba visszajuthatnak, a védett és turisztikai területek megőrzése zárt elemforgalmat tehet lehetővé műtrágyák alkalmazása nélkül.

Kíváncsún lenné az „iparszerű” jelzővel illetett mezőgazdaság káros maradványainak felszámolása, ha az elkülönült monokultúras nagytablás iparszerű növénytermesztés extrém műtrágya- és növényvédőszer-igényével, valamint a természetellenes iparszerű nagyüzemi állattartás kezelhetetlen hígtrágya- és hulladéktömegével végleg eltűnne. A növénytermesztés és az állattenyésztés újbóli összekapcsolása emberi léptékű gazdaságokban megvalósíthatná ugyanakkor a gazdálkodás természetes elemforgalmát, csökkentve a műtrágyázást. A növényi melléktermék és az állati trágya nem kezelhetetlen hulladékként jelenne meg, hanem az üzem megbecsült, saját tápanyagforrásaként. Valójában a nagy tömegű szerves trágya, hígtrágya és szennyvíz nagyobb környezeti veszélyt jelenthet, mint a jobban ellenőrizhető és kézben tartható műtrágyázás.

Irodalom

- BARANYAI F., FEKETE A. & KOVÁCS I., 1987. A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BÉNDEK, GY. & KÁDÁR, I., 1988. Influence of soil nutrient levels on harvest yield and malting quality of brewing barley. J. Inst. Bres. 96. 375–378.
- BOCZ E., 1995. Vízellátottsági és öntözési jelzés. Jelentés. DATE Növénytermesztéstani Tanszék. Debrecen.
- BUZÁS I., 1980. Az öntözés és műtrágyázás hatása a cukorrépa minőségére. Kandidátusi értekezés. Budapest.
- BUZÁS I-NÉ, KARKALIK A-NÉ & TIHANYI L., 1988. A műtrágyázási szaktanácsadás és a műtrágyázás gyakorlatának összehasonlítása az 1987. évi kukoricatermesztési adatok alapján. NEVIKI-KAE. Veszprém. 183–189.
- DVORACEK M. & LUKÁCS D-NÉ, 1989. Napraforgó műtrágyázási tapasztalatok az OMTK kísérletekben. Agrokémia és Talajtan. 38. 455–461.
- FEKETE A., 1992. A tápanyaggazdálkodás hazai helyzetének áttekintése. Agroforum. III. különszám. 3–14. (március)
- GYÓRFFY B., 1975. Vetésforgó–vetésváltás–monokultúra. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 34. 61–81.
- KÁDÁR I., 1979. Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. 28. 527–544.
- KÁDÁR I., 1987. Földművelésünk ásványi tápanyagforgalmáról. Növénytermelés. 36. 517–526.

- KÁDÁR I., 1989. Túltrágyázzuk-e a napraforgót? *Agrokémia és Talajtan*. 38. 441–447.
- KÁDÁR I., 1990. Növénytráplálás hatása a termésre és a betegség-rezisztenciára. MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytráplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I., 1993. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I., 1995. A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. MTA TAKI - KTM. Budapest.
- KÁDÁR I. & KISS E., 1986. Hogyan műtrágyázzuk a cukorrépát? A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 197–202. NEVIKI-KAE. Keszthely.
- KÁDÁR, I. & VASS, E., 1988. Fertilizing and liming sunflower on acid sandy soil. Proc. XIIth Int. Sunflower Conference. 242–246. Novi Sad. Yugoslavia.
- KEMENESY E., 1959. Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KOVÁCS G. (Szerk.), 1984. A magyarországi I. talajvizsgálati ciklus eredményeinek értékelése. MÉM NAK. Budapest.
- KREYBIG L., 1951. Gyakorlati trágyázástan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MEMHÖLCZERNÉ, K. G., 1989. A pazarlás eszkalációja. *Bűvár*. (7) 37.
- NÉMETH, T., 1995. Nitrogen in Hungarian soils - nitrogen management relation to groundwater protection. *J. Contam. Hydrology*. 20. 185–208.
- RADICS L., 1989. Agroökológiai tényezők hatása a szántóföldi gyomnövényzetre. Kandidátusi értekezés tézisei. Budapest.
- RAGASITS I., 1993. Az agrotechnikai elemek jelentősége a minőségi búzatermesztésben. Doktori értekezés. MTA. Budapest.
- SILLANPÄÄ, M., 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. *FAO Soils Bulletin*. No.48. FAO. Rome.
- SILLANPÄÄ, M. & JANSSON, H., 1992. Status of Cd, Pb, Co and Se in soils and plants of thirty countries. *FAO Soils Bulletin*. No. 65. FAO. Rome.
- STEFANOVITS P. & SARKADI J., 1963. A műtrágyázás várható hatásának térképei. In: STEFANOVITS P.: Magyarország talajai. 383–388. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- SZABÓ L., 1996. Mezőgazdasági termelés hatása a környezetre. In: Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. (Szerk.: THYLL Sz.) 225–260. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZABÓ L., 1996. Fenntartható agrárfejlődés – fenntartható agrártermelés. Főiskolai jegyzet. GATE. Gyöngyös.
- SZABÓ S. A., 1985. Radioökológia és környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

Érkezett: 1998. február 10.

¹ KÁDÁR IMRE, ² KISMÁNYOKY TAMÁS, ¹ NÉMETH TAMÁS,
³ PÁLMAI OTTÓ és ¹ SARKADI JÁNOS

¹ MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest;

² Pannon Agrártudományi Egyetem, Keszthely és

³ Fejér megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi
Állomás, Velençe